

СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ – МОЖЛИВА МАЙБУТНЯ БЕЗПЕКОВА ПРОБЛЕМА

Постернак О.С., студ. гр. ПЦБ-281

Науковий керівник – Постернак І.М., к.т.н., доцент, (кафедра Організації будівництва та охорони праці, Одеська державна академія будівництва та архітектури)

Анотація. Подальша доля відпрацьованих сонячних фотоелектричних панелей є досить невизначеною. Панелі виготовляються з урахуванням довготривалої роботи, і коли їх термін використання завершується, вони перетворюються на електронні відходи, які важко переробляти. Саме тому важливо забезпечити належне управління відходами сонячних фотоелектричних модулів в Україні вже зараз, поки вони не стали реальною загрозою.

Актуальність. Нові економічні та технологічні виклики для України передбачають стале розширення використання всіх видів відновлюваної енергетики, що є одним з інструментів гарантування енергетичної безпеки держави. При цьому роль негативного впливу відходів від утилізації сонячних елементів у формуванні рівня екологічної небезпеки України вивчена недостатньо.

Об'єкт дослідження – сонячні електростанції.

Мета дослідження – визначити перспективи управління відходами сонячних фотоелектричних модулів в Україні.

The Solar Panel Resurrection Process

Over 70% of European PV manufacturers are part of the global PV CYCLE network which offers tailor-made waste management for companies. All producers fall under legal obligations of WEEE legislation, and PV CYCLE helps them fulfil all requirements. Due to this initiative, members of the network show commitment to create a product which is sustainable during both the production and after the purchase. They realise this through mindful eco-design, the elimination of toxic materials usage, and recycling. Technologies are constantly improved so that recycling can occur upon all types of PV panel failures, including malfunctioning modules, glass breakage, laminate and electrical defects, wrong designs, process losses, or decommissioning.

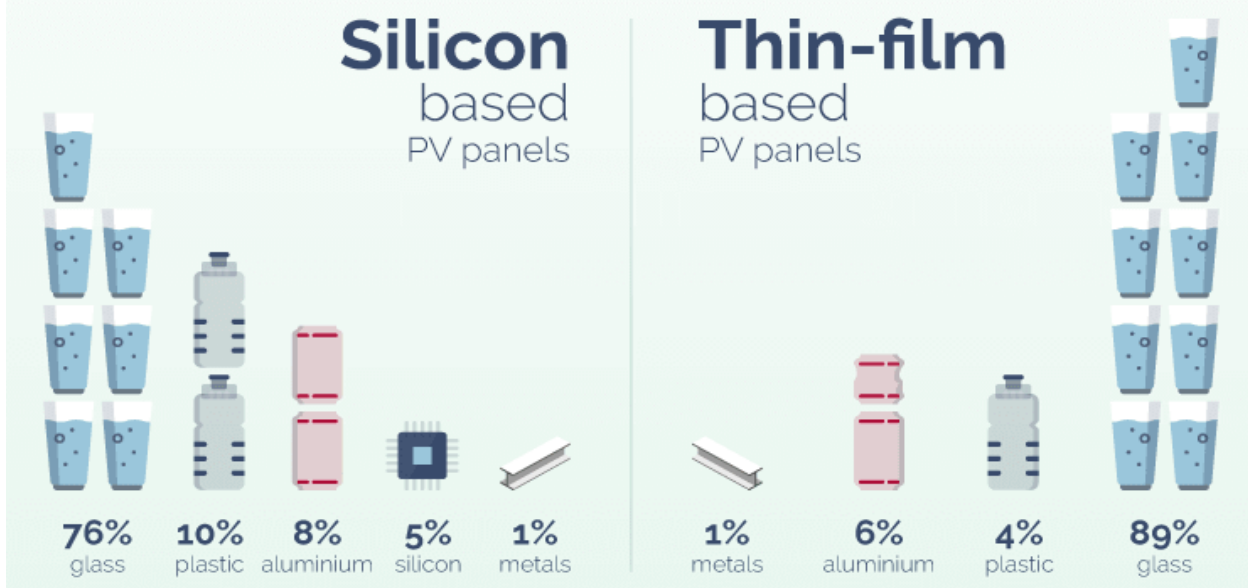


Рис. 1. Процес відновлення сонячних PV-панелей [1]: на основі кремнію та тонкоплівкові. Понад 70% європейських фотоелектричних виробників є частиною глобальної мережі PV CYCLE

Предмет досліджень – проблема утилізації сонячних електростанцій.

Методи дослідження – аналітичні та статистичні методи дослідження.

Енергетична промисловість переживає радикальні зміни, і поступовий перехід на поновлювані джерела енергії є більш ніж очевидним. Тим не менш, не все, що виглядає стійким, залишається таким і після закінчення свого життєвого циклу. Принаймні, це найпоширеніше занепокоєння щодо фотоелектричних (PV) сонячних панелей. Вони є стабільним джерелом енергії, що залежить тільки від сонячної радіації і здатне доставляти електрику до наших будинків. Однак, що відбувається з сонячними панелями, коли вони не працюють ефективно? Дослідимо їхнє майбутнє через процес утилізації (рис. 1, 2) [1].

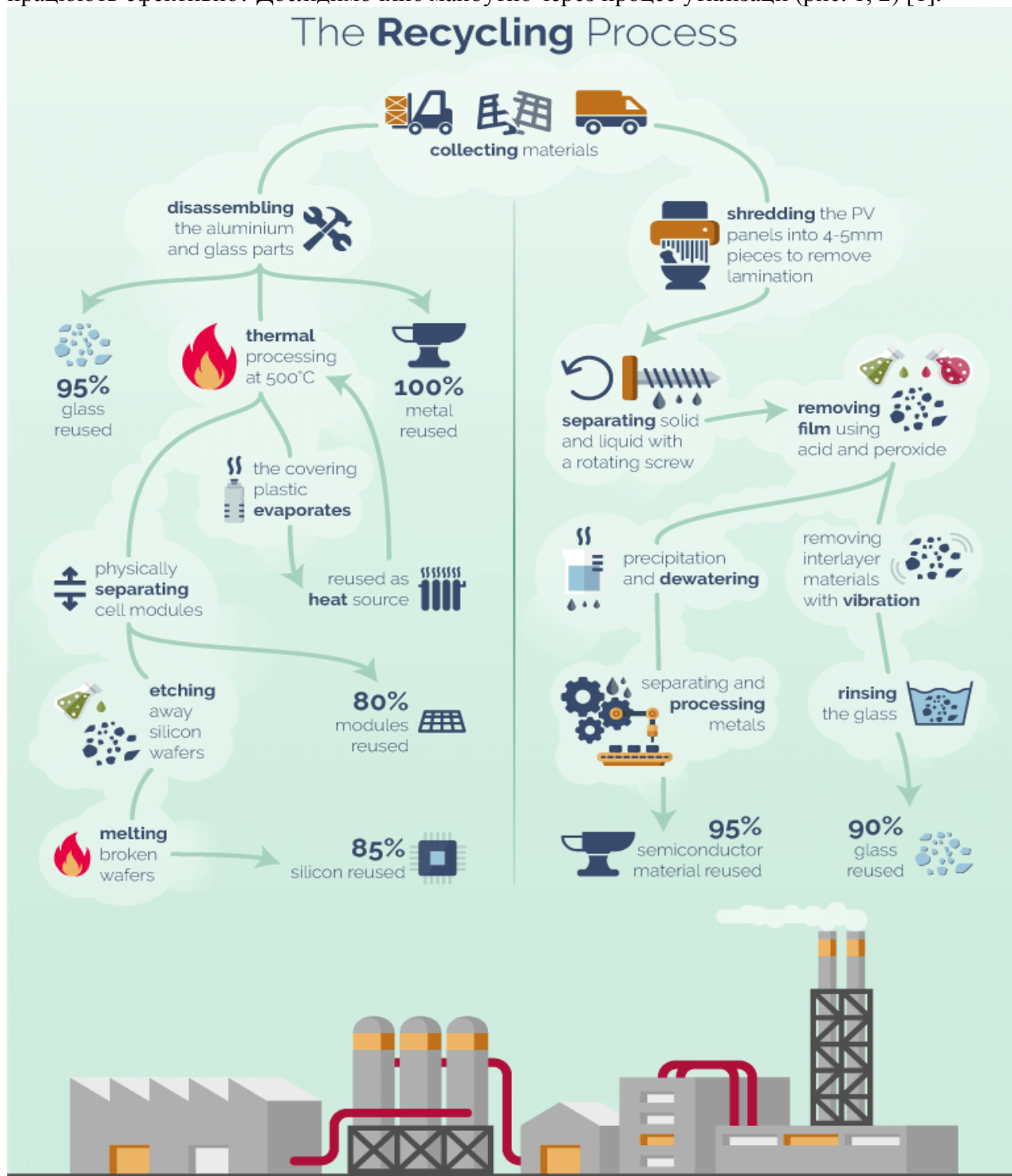


Рис. 2. Структура процесу переробки сонячних PV-панелей [1]:
на основі кремнію – розбирання з сортуванням за видами та термічною переробкою;
тонкоплівкові – подрібнення з розділенням та сортуванням за видами

Утилізація значних обсягів сонячних модулів на конкретній території призводить до збільшення ризику для місцевої флори, фауни і для здоров'я людей. Витік хімічних реагентів з утилізованих модулів дає можливість зараження місцевого ґрунту і поверхневих вод.

Таблиця 1 – Безпекові обмеження та наслідки для СЕС

Вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей	Заходи
Рослинний та тваринний світ	Необхідний ретельний вибір ділянки, врахування відстані до заповідних територій та інших природних об'єктів
Поверхневі та підземні води	Обов'язкове планування заходів щодо відведення дощових стоків із поверхні сонячних панелей
Викиди в атмосферу, в тому числі вплив на зміни клімату (викиди парникових газів)	Позитивний вплив – внаслідок зменшення викидів парникових газів. Незначний вплив при експлуатації
Вплив на стан ґрунтів, зміни землекористування	Вимагає виділення окремих ділянок для встановлення устаткування, рекомендовано використання територій, непридатних для с/г виробництва
Накопичення відходів, поводження з відходами	Зношені фотоелементи є токсичними, необхідно розробляти заходи щодо безпечного поводження з відходами
Підвищення ризику захворюваності населення (фактори ризику)	Необхідна оцінка ризику для здоров'я населення
Інші види впливу на довкілля або техногенне середовище	Можливе підвищення інтенсивності електромагнітних полів

Китай, США, Японія, країни ЄС [2,3] активно інвестують в дослідження і розробки по переробці сонячних панелей. На сьогоднішній день розрізняють два види переробки PV-модулів – грубу і тонку (рис. 1, 2). При першій мається на увазі витяг основних матеріалів модуля – алюмінію, міді, скла, а ось пластмаса просто спалюється. За тонкої переробки можливо вилучення всіх хімічних елементів. До складу сонячних модулів входить сировина, яку можна використовувати повторно. Так, в процентному співвідношенні панель з кристалічного кремнію – це 76% скла, 10% полімерних матеріалів, 8% алюмінію, 5% кремнієвих напівпровідників, 1% міді, менш 0,1% срібла, олова і свинцю.

В Україні станом на початок 2023 року підприємства по переробці фотоелектричних модулів (ФЕМ) відсутні, як і відсутні спеціальні вимоги щодо їх утилізації. Загальні вимоги зазначені в національних стандартах України ДСТУ 8328:2015 та ДСТУ 8635:2016. Оскільки кількість сонячних модулів, що були виведені з експлуатації, є малою, їх переробкою займаються підприємства з переробки електронних або скляних відходів. У процесі такої переробки відбувається виділення основних компонентів модуля – міді, алюмінію, скла. Сонячні елементи та пластикові складові модулів скоріш за все піддаються спалюванню або відправляються на полігони для електронного обладнання. Тож питання переробки сонячних модулів в Україні залишається відкритим [4].

А) У країнах ЄС в рамках Європейського інституту інновацій та технологій (EIT) до 2025 року відбувається фінансування дослідницького проекту *ReProSolar* під керівництвом *Veolia* (одна з найбільших існуючих компаній у галузі переробки відходів) та інших партнерів. До проекту долучилися країни Німеччини, Франції та Іспанії. Проект розробляє вискоелективний та спеціальний процес утилізації відпрацьованих фотоелектричних модулів, що полягає у новій технології розшарування, яка здатна ефективно відокремити сонячні батареї від скляної пластини. Інноваційні фізико-хімічні процеси дозволятимуть

відновити всі матеріали без подрібнення фотоелектричних модулів. У проекті присутні всі етапи від переробки та очищення сировини через ланцюжок постачання потоків відходів до реінтеграції у різні галузі. Таким чином процес переходить до замкнутого циклу (*ресурс-відходи-ресурс*).

Б) Нова технологія, розроблена у Південній Кореї та випробувана на 72 панелях, стосується переробки (не)пошкоджених панелей та працює у чотири етапи:

- автоматизований демонтаж рами та розподільної коробки;
- розділення скла;
- відновлення металу;
- переробка сонячних елементів.

Завдяки оптимізованому процесу, технологія дозволяє скоротити використання електроенергії на третину та скоротити викиди парникових газів на 1,2 тони. Система дозволяє відновити високоякісне скло з вмістом заліза менш ніж 200 частин на мільйон та більш ніж 65% компонентів, що входять до складу панелі. Вилучений та оброблений кремній йде на виготовлення 6-дюймових монокристалічних злитків та пластин з ефективністю 20,05%.

В) Японський виробник сонячних фотоелектричних панелей *Next Energy*, торговий конгломерат *Marubeni* (займається переробкою фотоелектричних модулів з 2005 року) та дослідницький інститут *Mitsubishi* працює над розробленням блокчейн-системи для утилізації використаних сонячних панелей. Суть системи полягає у підтвердженні статусу і відстежуваності сонячних елементів та їх компонентів на всіх етапах переробки, що дозволить створити ринок переробки та повторного використання сировини. Тим самим планується скоротити масштаби захоронення таких відходів та зменшити викиди вуглецю. Перевірка понад 40000 використаних сонячних елементів виявила, що вони можуть зберігати продуктивність до 80 % після 25 років використання.

Висновки. Поряд з вирішенням питання щодо переробки сонячних панелей, також йде удосконалення нових сонячних систем та розширення можливості їх розміщення. Наприклад, швейцарський виробник представив сонячні панелі у вигляді черепиці. Інші гнучкі панелі дозволяють розміщувати їх на тунелях. Однією з проблем будівництва сонячних електростанцій є те, що під них відводяться великі території. Одне з рішень запропонував нідерландський стартап розробивши плавучі морські платформи таких електростанцій. Польський стартап *MOVEit* розробив серію мобільних сонячних установок, які легко переміщуються і розгортаються на потрібному місці в автоматичному режимі, а також можуть використовуватися для забезпечення електроенергією об'єктів під час проведення дорожніх робіт. Тому є надія, що коли у більшості сонячних модулів закінчиться їх термін експлуатації, розроблені інноваційні технології завадять у створенні нової екологічної проблеми. В Україні темп розвитку таких технологій залишається низьким. У разі відсутності такої системи по переробці модулів через 10 років, доцільно буде транспортувати їх до країн-сусідів, що будуть мати налагоджену систему такої переробки.

Література:

1. Можливості переробки сонячних панелей. Веб-сайт DS: Чжецзян DongShuo Нова енергія Лтд (Розділ. Знання). 07 жовтня 2021р. URL: <https://ua.dsisolar.com/info/the-opportunities-of-solar-panel-recycling-62285925.html> (дата звернення: 02.04.2023).
2. Чи є друге життя у сонячних панелей? Веб-сайт Avenston group (Розділ. Статті та аналітика). 10 січня 2019р. URL: <https://avenston.com/articles/solar-second-life/> (дата звернення: 03.04.2023).
3. Переробка сонячних панелей. Огляд інновацій. Веб-сайт mcl.kiev.ua: (Новини). URL: <https://mcl.kiev.ua/pererabotka-solnechnyh-panelej-obzor-innovacij/> (дата звернення: 03.04.2023).
4. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 р. № 2059-VIII зі змінами та доповненнями. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text> (дата звернення: 05.04.2023).